

# 三安 1700V/1Ω SiC MOSFET 的高压辅源应用

## 用“芯”设计，高效赋能

### AN2024-B01 应用文档



作者：三安半导体 高级应用工程师 张建山、许亚坡、杨青海

随着光伏发电系统、能源存储、电车充电、电机驱动等市场需求的快速增加，该领域所用高压辅助电源的性能要求及需求量也在不断提升。针对高压辅助电源应用场景，三安半导体推出的新型第三代功率器件 1700V/1Ω SiC MOSFET (SMS1701000K)，最大导通电流达到 6.8A，同比其它产品具有更低的导通电阻  $R_{DS(on)}$ 、更少的开关电荷损耗  $E_{oss}$  以及更小的漏极泄漏电流  $I_{DSS}$ 。助力高压辅助电源系统产品往高可靠性、小型化、高效化、低成本方向快速推进。

在千伏级高压反激辅助电源的应用场景中，系统对其功率器件的耐压等级提出了更高的要求。采用 1700V/1Ω SiC MOSFET 作为功率开关管，系统拓扑得以简化成单管反激结构，所需 MOS 元件数量减少，有效提高了系统的可靠性；SiC MOSFET 的开关频率更高，所需无源元件的体积更小，能够提高系统的功率密度；系统中功率器件的开关损耗和导通损耗都有显著降低，系统效率获得了优化提升；器件损耗产生的热量更少，进一步降低了系统热管理成本。

图 1 所示为三安半导体自主设计的 1700V SiC MOSFET 高压辅助电源设计参考板，对应参考板电路拓扑简图如图 2 所示。该参考板主要由功率主板和可拆卸式功率子板构成，可用于快速评估 SiC MOSFET 功率器件在光伏、储能、车载、电驱等高压应用场合下的性能。

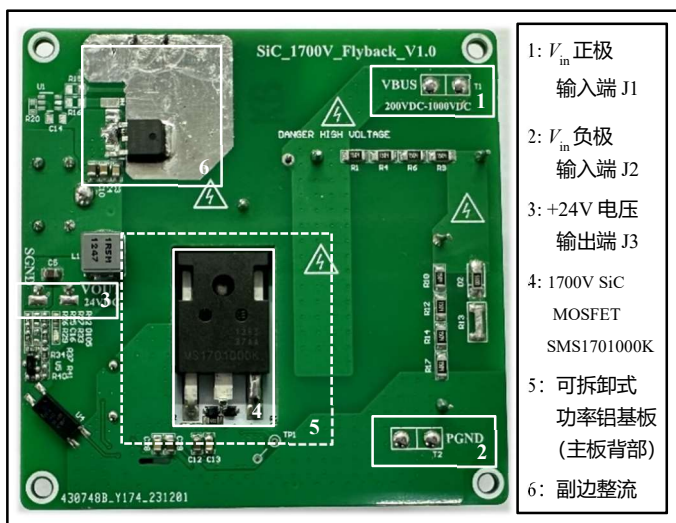


图 1 参考板实物图

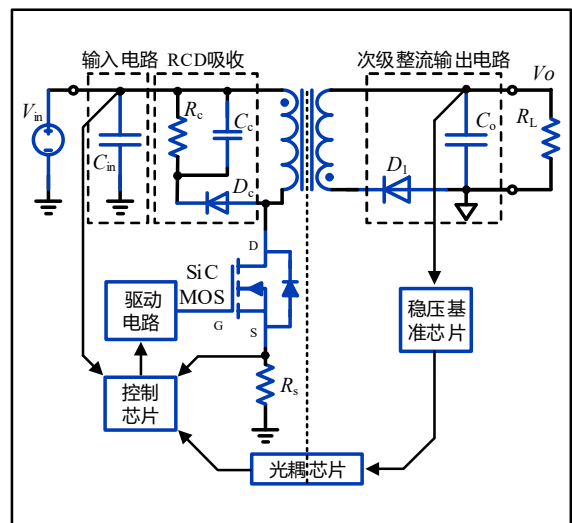


图 2 参考板拓扑简图



参考板所用 SiC MOSFET 器件为三安半导体的 SMS1701000K，如图 3 所示，封装形式为 TO-247-3L，该器件具有极低的反向恢复电荷  $Q_{rr}$  以及  $Q_{gd}$  电荷，在高频开关动作下的速度更快、开关损耗更小，同时较小的  $R_{DS(on)}$  也降低了器件的导通损耗，由此进一步提高了系统的工作效率。得益于器件更高的  $V_{DS}$  耐压，基于该 SiC MOSFET 器件所设计的系统将具备更宽的工作电压范围，满足辅助电源的高压输入要求。

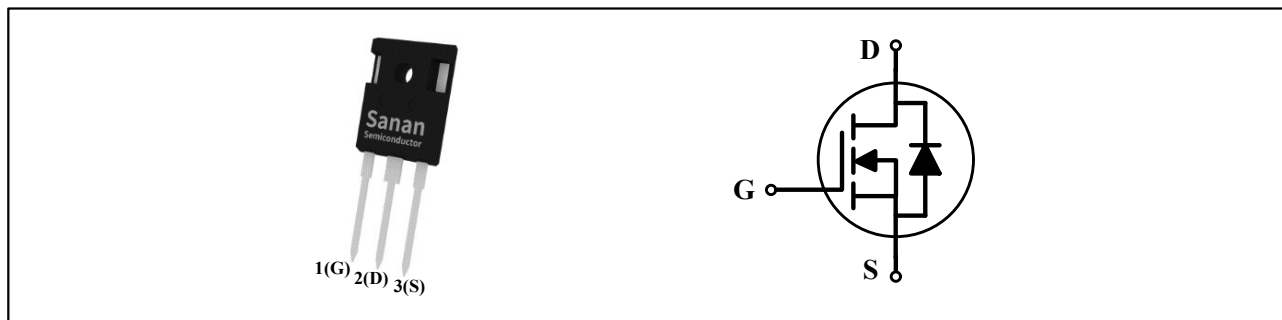


图 3 1700V/1Ω SiC MOSFET SMS1701000K

参考板采用准谐振控制的反激电路，直流输入电压覆盖 300V~1000V 宽电压范围，直流输出电压 24V，最大输出功率 65W，满足常规高压辅助电源的工况需求。图 4 展示了参考板在直流输入电压分别为 300V、600V 和 900V 的条件下，不同输出功率对应的效率变化曲线。其中 300V 下最高效率达 91.1%，600V 下最高效率达 89.9%，900V 下最高效率达 87.5%。图 5 所示为满载 65W 功率输出时，不同直流输入电压对应的系统效率变化情况，由图可知，随着输入母线电压的提升，系统的整体效率值呈现略微下降趋势。

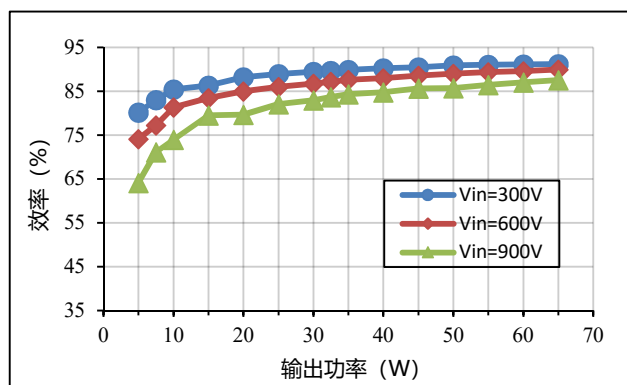


图 4 不同输出功率对应的效率曲线

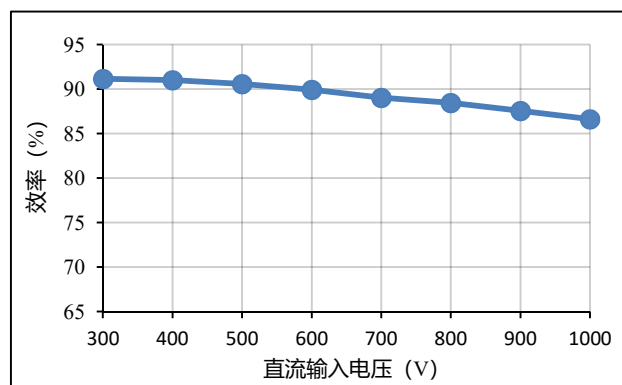


图 5 不同输入电压对应的满载效率

如下图 6 为高压辅助电源系统在直流输入 300V，满载输出 65W 的工作波形，图 7 为直流输入 1000V，满载输出 65W 的工作波形。其中 Ch1 (棕色) 为 SiC MOSFET 的  $V_{gs}$  电压，Ch2 (浅蓝色) 为变压器原边电流，Ch3 (红色) 为变压器副边电流，Ch4 (绿色) 为 SiC MOSFET 的  $V_{ds}$  电压，Ch5 (橙色) 为辅助绕组电压，Ch6 (深蓝色) 为整流二极管电压。在 300V 到 1000V 输入电压段，SiC MOSFET 均表现出优异的开关特性，满足高压辅助电源的性能需求。



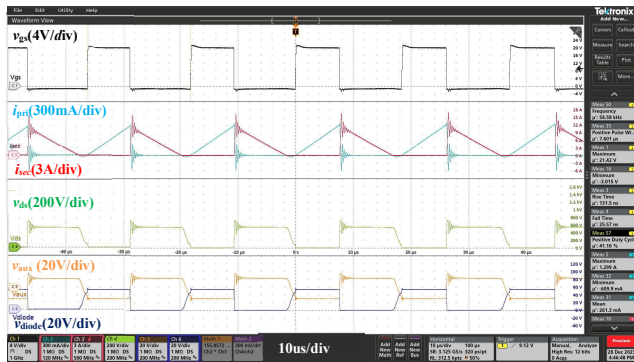


图 6 直流输入 300V，满载输出工作波形

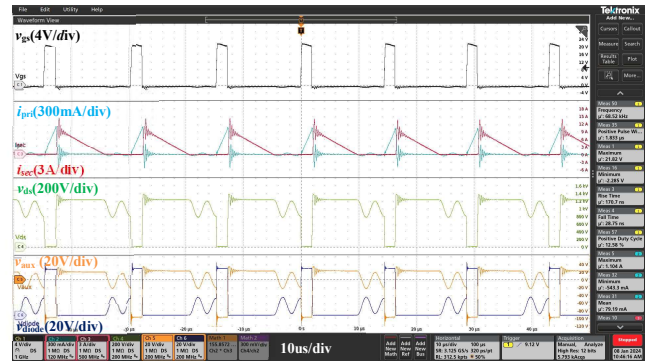


图 7 直流输入 1000V，满载输出工作波形

参考板的功率子板采用铝基板材料，铝基板良好的导热性能能够快速耗散SiC MOSFET和其它功率元器件产生的热量，显著降低对应元器件的工作温升。系统工作时采用自然冷却方式而无需额外增设散热器，进一步降低系统的热管理成本。图8所示为直流输入900V时，满载输出65W对应的器件温度热成像，环境温度为22.4°C。图9所示为在最高直流输入1000V时，即使在满载65W的输出情况，同样环温下测得SiC功率器件温度仍不高于92°C。

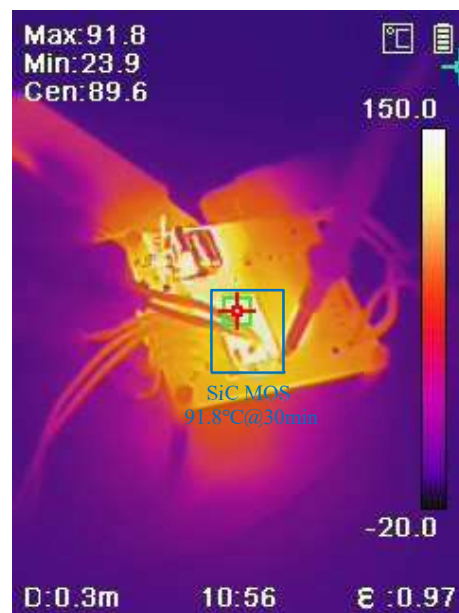
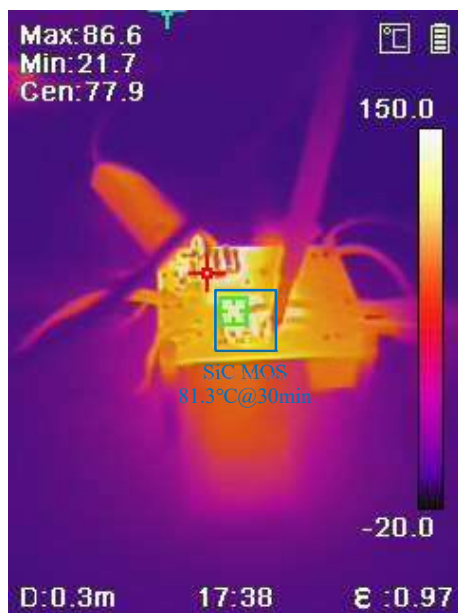


图8 直流输入900V，满载65W时SiC器件温度 图9 直流输入1000V，满载65W时SiC器件温度

三安半导体在 SiC 功率器件的技术革新上深耕研发，不断迭代优化器件性能，致力于提供满足客户各类需求的优质产品。三安半导体 SMS170100K 的优异性能将助力高压反激电源系统往高效化、小型化以及低成本方向快速迭代发展，推动光伏、储能、车载、电驱等领域大规模应用碳化硅的技术转型。

